

## 博 士 論 文 内 容 の 要 旨

専攻名.....物質工学専攻

講座名.....物質加工学講座

氏 名.....峠 正範

## 1 論文題目（英文の場合は、和訳を付記すること）

.....超短パルスレーザによる

.....ダイヤモンドライクカーボン膜へのテクスチャリングに関する研究

## 2 要 旨（和文 2,000 字程度又は英文 800 語程度にまとめること。）

.....本論文は、摺動部品の摩擦低減への適用を目標として、先進的な薄膜とテクスチャ技術の融合による新しい表面創製法の適用の可能性を実験と考察から明らかにした。耐摩耗性・低摩擦性に優れるが高硬度かつ炭素材料であるため表面形状付与（テクスチャリング）が困難なダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜と、短時間に高エネルギーを注入できるため非熱加工が可能な超短パルスレーザによるテクスチャリングの融合は、さらなる低摩擦な摺動面の創製が期待される。本研究では、DLC 膜にフェムト秒レーザを照射し、創製される表面のテクスチャと工業的な適用の可能性について実証を行った。

.....まず、超短パルスレーザにより形成されるテクスチャの基礎研究として、テクスチャの形成を目的として、レーザの照射条件とレーザスポット径内に形成される形状の関係を調べた。フェムト秒レーザと光学系により加工システムを設計・構築し、DLC 膜に任意の照射エネルギーでレーザを照射し、照射痕に形成された形状を詳細に観察した。実験の結果、テクスチャ（周期的な溝構造：以後、周期構造と呼ぶ）の形成を確認した。また、理論的な解析の結果、本研究における周期構造はレーザ光と電子プラズマ波との相互作用が支配的なメカニズムであると考えられ、レーザ波長（800 nm）よりも微細な周期間隔の周期構造を形成できることを明らかにした。

.....DLC 膜は、成膜方法により多種多様な構造をもつといわれ、水素含有率の違いにより光学特性も異なると報告されている。したがって、レーザ照射により形成される周期構造の形状も異なると考えられる。そこで、周期間隔の制御を目的として材料特性と形状の関係を調べた。成膜方法や水素含有率などが異なる 6 種類の DLC 膜にレーザを照射して、各 DLC 膜に形成される周期構造の形状を観察した。その結果、すべての DLC 膜に

専攻名	物質工学専攻	講座名	物質加工学講座	氏名	峠 正範
<p>周期構造の形成が確認され、その間隔は水素含有率に依存する傾向がみられた。理論的な解析の結果、水素含有率（成膜方法）の変更により周期間隔の微細化の可能性をみいだした。</p> <p>これまでの周期構造の形成領域は、レーザスポット径内の微小領域であり、工業的な有用性の検証には、数十 mm<sup>2</sup> の面積加工が急務である。そこで、周期構造の大面积形成を目的として、前述の加工システムと NC ステージを組み合わせた面積加工システムを設計・構築し、最適な加工条件を調べた。面積加工は、レーザを照射しながら一定速度でステージ（DLC 膜）を動かす走査型加工とその走査方向に対して直角方向へ一定量移動させる動作を繰り返し行うことで実現した。実験の結果、照射エネルギーを 0.17 J/cm<sup>2</sup>、走査方向の送り速度を 8 mm/s、一定の移動量を 60 μm とすることにより 30×20 mm<sup>2</sup> の面に均一に周期構造を形成できることを明らかにした。</p> <p>周期構造の工業的な有用性を検証するために、大面积形成した周期構造に対し、摩擦試験を行った。試験は、周期構造を形成したブロック試験片に回転しているリング試験片を接触させすべり摩擦させる、ブロックオンリング方式で行った。DLC 膜と周期構造を形成した DLC の摩擦試験を行い、試験終了後の摩耗痕を観察した。その結果、摩擦係数は、周期構造の有無で違いがみられ、未加工の DLC 膜より低い摩擦係数を示した。試験終了後の摩耗痕の観察結果より、算術平均粗さにも違いがみられ、周期構造の形成による摩擦低減の可能性をみいだした。</p> <p>最後に、実働機械摺動部品への周期構造の適用例として、ピストンリングの円筒面への形成を実証した。前述の加工システムと NC 回転ステージを組み合わせた円筒面加工システムを設計・構築した。円筒面加工は、レーザをピストンリング摺動面に照射しながら一定速度で回転させる走査型加工とその走査方向に対して直角方向へ一定量移動させる動作を繰り返し行うことで実現した。ピストンリングは、市販品（CrN 膜）および DLC 成膜品を用いた。実験の結果、両ピストンリングの円筒面に均一に周期構造を形成できることを示した。</p> <p>以上の結果、周期構造が低摩擦な摺動面の創製に有用であり、ピストンリングのような曲率を持った実働機械摺動部品への形成が可能であると実証できた。</p> <p>今後の機械摺動部品には、継続的な摩擦低減が求められると予想され、より低摩擦な被膜の開発と低摩擦を導くテクスチャ技術の融合は、多くの産業分野で期待される。</p>					